Une Application de la Photo-
electricite--La Machine a Lire
pour les Aveugles

HENRI, PIERRE

M.C. MIGEL LIBRARY
AMERICAN PRINTING
HOUSE FOR THE BLIND

Revue Scientifique — 1932 No. 8 —

UNE APPLICATION DE LA PHOTOÉLECTRICITÉ
LA MACHINE A ÉCRIRE POUR LES AVEUGLES

par Pierre HENRI
Professeur à l'Institution Nationale des Jeunes Aveugles de Paris

Le jour où, par l'intermédiaire d'un système photo-électrique quelconque, on a su transformer de l'énergie lumineuse en énergie mécanique proprement dite, le principe de la machine à lire à l'usage des aveugles était trouvé. En décembre 1885, douze ans après la découverte fortuite par May des variations de résistivité du sélénium suivant l'éclairement, un ingénieur français, Legrin, exposait le plan d'un tel appareil dans une réunion de professeurs aveugles et de typhlophiles dont le procès-verbal est conservé aux archives de l'Association Valentin Haüy pour le Bien des Aveugles, à Paris. Si Legrin n'a pas réalisé son idée, c'est incontestablement pour des raisons techniques, le sélénium n'ayant pas pleinement justifié les espoirs qu'on avait fondés sur lui, mais c'est peut-être aussi pour des raisons pratiques sur lesquelles nous reviendrons.

Schématiquement, en effet, le principe est simple. On éclaire violemment une surface imprimée. Si, à l'aide d'un objectif, on projette l'image d'un point de cette surface sur un système photo-électrique, celui-ci deviendra actif selon que le point considéré est pris sur la partie blanche ou sur la partie noire du papier. On peut ainsi, soit modifier la résistance d'un conducteur (pastille de sélénium), soit fermer un circuit par une émission d'électrons (ampoule au potassium ou au cæsium), soit agir sur un équilibre chimique (cellule photolytique), soit même produire du courant (pile photo-électrique). Dans tous les cas, on peut utiliser le courant modifié ou créé par la lumière à la production d'un effet mécanique.

Le choix de cet effet est conditionné par les sens de l'usager, à savoir par l'appareil perceptif de l'aveugle.

Se référant sans doute à l'opinion commune qui attribue aux aveugles des aptitudes musicales excellentes, l'inventeur et le constructeur de l'optophone (1920), le savant anglais Fournier d'Albe et la firme Barr and Stroud, ont choisi l'énergie sonore et s'adressent à l'ouie du lecteur aveugle. Une échelle de cinq points lumineux est projetée sur le papier et parcourt la ligne de gauche à droite (figure 1 et 2). De bas en haut, chaque point vibre suivant les fréquences 384, 512, 576, 640 et 768, correspondant aux notes sol, ut, ré, mi, sol (octave du premier)... L'image de cette échelle lumineuse est envoyée sur un pont de sélénium intercalé dans un circuit téléphonique. Dans ces conditions, on comprend que le courant téléphonique soit modulé par les vibrations lumineuses qui frappent les parties blanches du papier et rende un son correspondant. En réalité, grâce à l'emploi d'un second pont de Wheatstone, dit « équilibreur », sur lequel l'échelle lumineuse est projetée intégralement avant réflexion sur le papier, ce sont les points éteints par les parties noires du texte qui résonnent dans l'écouteur.

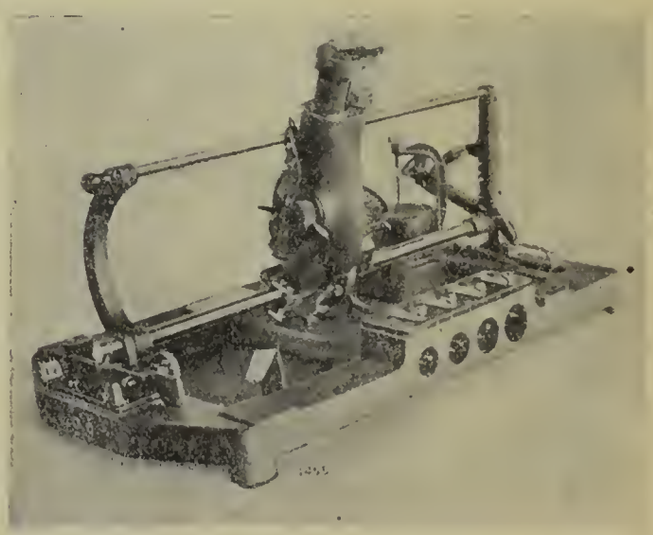

Fig. 1. — L'optophone, avec le porte-livre enlevé.

Chaque lettre est ainsi représentée par un motif musical. Pour le corps de la lettre, seules interviennent les trois notes do, ré, mi, le sol le plus grave et son octave devant révéler la présence d'un jambage inférieur (g, j, p, q, y) ou d'un jambage supérieur (f, h, l, etc.) et des majuscules.

Le visagraphe (1931), invention de l'américain Robert Naumburg, et le photo-électrographe, dû à douze années de recherches de l'in-

génieur français A. Thomas et à son collaborateur, M. Couland, font appel au toucher. Dans le premier de ces appareils, l'élément photoélectrique agit sur un poinçon par l'intermédiaire d'un relai convenablement réglé. Toute la surface de la feuille est successivement balayée par un faisceau lumineux et, à chaque passage du faisceau sur une partie noire, le poinçon gaufre une feuille d'aluminium. Des clichés, reproduisant en relief les caractères ou les dessins du texte exploré sont ainsi mis entre les mains des aveugles. C'est, au fond, un appareil de téléphotographie qui produit des clichés en relief, l'émetteur et le récepteur étant bien entendu voisins, réunis en un seul instrument.

M. Thomas, si l'on en juge du moins par la maquette qui a été présentée au grand public par la presse, n'a pas voulu faire de son photoélectrographe une machine à gaufrer. Actuellement, l'appareil comprend (fig. 3) :

1. Un projecteur, genre phare d'auto, 12 v., 100 bougies, donnant sur le texte imprimé une

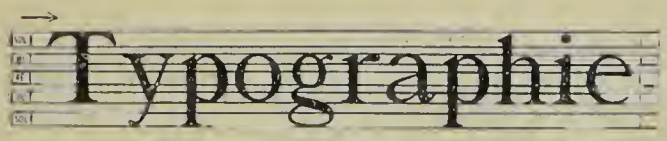

Fig. 2. — Echelle passant sur des lettres imprimées.

plage lumineuse circulaire de 1 cm. de diamètre ;

2. Un plateau destiné à recevoir le texte et mobile dans deux directions orthogonales afin d'amener la lettre à identifier dans le champ du projecteur ;

3. Un système optique, comprenant, entre autres, trois objectifs plans-convexes de 20, 25, 30 mm. de diamètre, monté à révolver, chacun d'eux donnant une image réelle agrandie de la plage lumineuse ;

4. Un système photoélectrique comprenant 42 ampoules au potassium disposées en sept rangées de six, et recevant l'image fournie par l'objectif ;

5. Un système amplificateur constitué par des lampes à trois électrodes ordinaires, portant à 4 milliamp. le courant de l'ordre du microampère produit par les ampoules au potassium.

6. 42 relais commandant 42 électro-aimants, genre sonnerie, ayant chacun une résistance de 300 ohms et dont les armatures manœuvrent 42 chevilles qui font saillie à l'extérieur et sont disposées, comme les ampoules photo-électriques en sept rangées de six pointes.

Le fonctionnement s'en déduit aisément. Les relais sont réglés de façon à ce que seuls travaillent les électros qui correspondent à une ampoule non éclairée, c'est-à-dire à une partie noire du texte. Le lecteur droitier explore de la main droite le récepteur où saillissent les pointes, tandis que de sa main gauche il manœuvre les volants qui doivent lui permettre de placer le caractère en noir exactement sous le faisceau incident.

C'est là, hâtons-nous de le dire, la forme ac-

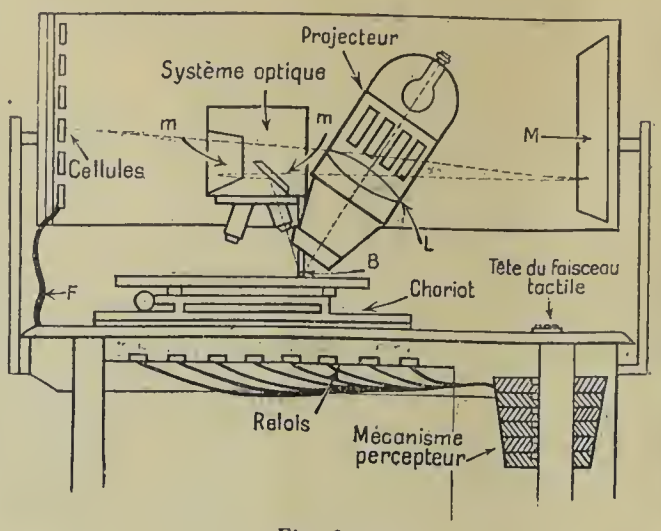

Fig. 3. —

tuelle du photo-électrographe. Nous espérons que ce n'est pas sa forme définitive. Les inventeurs, couverts par de multiples brevets, ont le champ libre pour perfectionner leur création.

* *

Sans nous attarder à comparer les trois types d'appareils que nous avons présentés et sans souligner les avantages et les inconvénients de chacun, nous voudrions faire quelques réflexions que nous considérons de la première importance pour le succès de la méthode.

1. Une machine à lire à l'usage des aveugles doit être manœuvrable et réglable par eux sans le secours des yeux d'autrui. Or, s'il est aisé pour un voyant qui peut suivre les déplacements relatifs de l'objet et du spot d'amener un caractère sous une échelle ou une tache lumineuses, cela ne peut être fait qu'à tâtons par un aveugle qui n'a d'autres guides qu'un récepteur téléphonique ou tactile. Songer à un système de crémaillères ou de roues dentées assurant l'espacement régulier des caractères ou des lignes, c'est oublier que rien n'est moins régulier qu'un texte imprimé : les nécessités de la justification, l'emploi au cours d'une même page ou d'une même ligne de caractères différents (romains, gras, italiques), les caprices de la mise en page, spécialement dans un journal ou une revue auraient tôt fait de rendre inutile tout réglage. Seul un texte tapé à la machine pourrait être au-

tomatiquement parcouru de lettre en lettre par une machine à lire pourvue d'une crémaillère identique, mais n'oublions pas qu'un tel appareil doit travailler sur n'importe quel texte et non seulement sur un cliché spécialement préparé pour lui.

La solution a été trouvée par la téléphotographie qui, lorsqu'elle a à transmettre un texte en écriture manuscrite ou en caractères idéographiques, chinois, par exemple, ne s'acharne pas à passer caractère par caractère, ce qui ne serait possible qu'avec une régularité micrométrique de la disposition : elle préfère obtenir un cliché d'ensemble, grâce au balayage complet du texte par le faisceau incident de l'émetteur.

2. L'obtention d'un cliché assez étendu, présentant simultanément au moins une ligne nous paraît aussi devoir répondre à une nécessité de la lecture. Bien que le doigt de l'aveugle n'embrasse à la fois qu'une seule lettre, encore qu'il passe rapidement d'un caractère au suivant lorsqu'il s'agit de l'écriture Braille, son esprit n'est pas différent de celui du voyant. N'est-il pas prouvé aujourd'hui que la persistance des images lumineuses sur la rétine est impuissante à expliquer la reconstitution cinématographique et qu'il faut faire intervenir la synthèse perceptive, œuvre purement mentale ? Tout instrument qui présenterait au doigt un seul caractère à la fois, outre les inconvénients du réglage, obligerait à une épellation fatigante et rebutante, seulement admissible pour la transmission d'un texte court par télégraphie optique, par exemple.

Compter sur un défilé plus rapide des caractères en relief pour réaliser la synthèse mentale d'éléments tactiles successifs, ce serait méconnaître un point important de la psychologie du toucher. La palpation est essentiellement active : le doigt ne subit pas l'objet, il l'explore. D'ailleurs, le temps nécessaire à l'identification d'un signe dont la complexité est relativement grande pour le doigt s'oppose, semble-t-il, à cette synthèse.

3. Nous touchons ici à une difficulté contre laquelle viendront se heurter tous les constructeurs de machines à lire pour les aveugles, difficulté d'autant plus redoutable qu'elle n'est pas due à une imperfection technique de l'appareil, mais réside toute entière dans la limitation des moyens de l'usager. A notre avis, pour être vraiment utilisable, une machine à traduction sonore (genre optophone) doit tendre à la simplicité du Morse, tandis qu'une machine qui produit du relief (genre visagraphe ou photo-électrographe) doit tendre à la simplicité du caractère Braille (figure 4), le seul qui se soit révélé à la portée du doigt.

Ne parlons que du relief, puisque c'est à lui que se sont adressées les deux dernières créations. Les caractères d'imprimerie ordinaires, à plus forte raison l'écriture manuscrite, ne sont pas plus faits pour le doigt que les signes Braille ne sont faits pour l'œil. Tout en les agrandis-

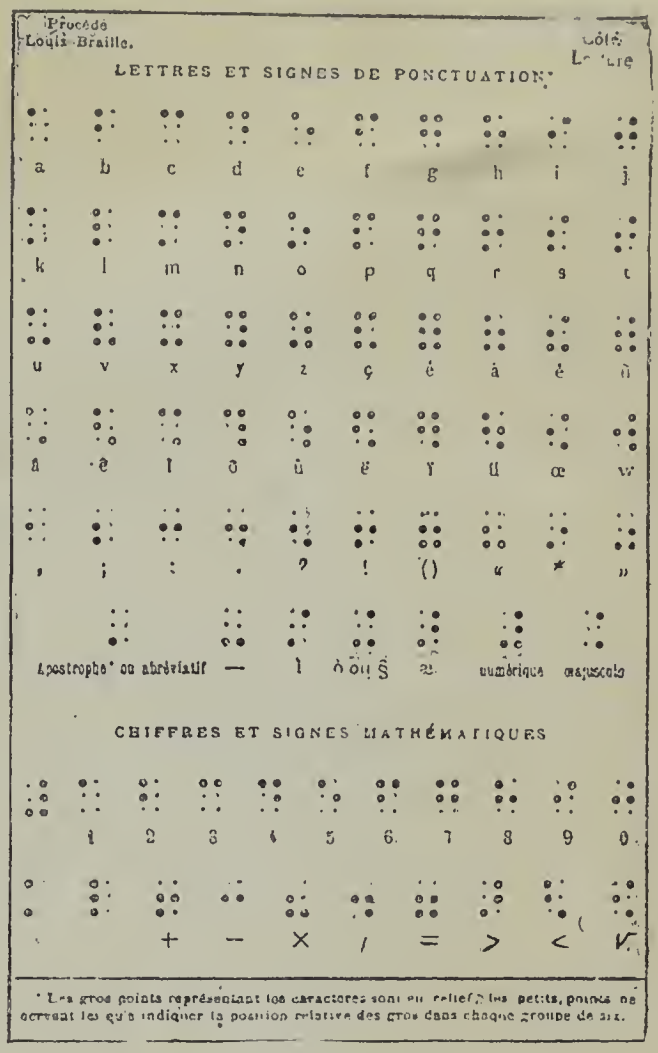

Fig. 4. — Alphabet Braille.

sant, leur conserve-t-on une taille en rapport avec les dimensions de la pulpe de l'index, ils sont confus et exigent, pour être reconnus, une analyse qui freine singulièrement la rapidité de la lecture. C'est que le pouvoir séparateur du doigt est infiniment moindre que celui de l'œil. Tout nouvel agrandissement fait perdre dans la lenteur de l'examen analytique des contours ce qu'on gagne en netteté, en clarté. Une lettre Braille de 6 à 7 mm. de hauteur est beaucoup plus claire qu'une lettre ordinaire de 10 à 12 mm., serait-ce la plus simple, l'I.

Ce ne sont pas là seulement des considérations théoriques. Aux temps héroïques de l'éducation des aveugles, c'est aux caractères vulgaires en relief qu'on a d'abord songé. A Paris, Valentin Haüy, dès 1784, Guillié et Dufau ensuite, Alston et Gall en Angleterre, Howe à Boston, Klein à Vienne, Llorens en Espagne ont fait fondre de tels caractères. Bien que de forme spé-

cialement choisie et bien que le relief ponctué, plus accessible, ait été substitué par W. Klein au relief linéaire, toutes ces écritures ont cédé la place à l'alphabet de L. Braille, universellement adopté aujourd'hui et que les Chinois eux-mêmes ont adapté à leur écriture idéographique. Le seul système qui ait conservé un droit de cité à côté du Braille, en Angleterre seulement et seulement parmi un petit nombre de personnes venues plus tard à la cécité, est le Moon, mais ces caractères ne sont que de vagues

Fig. 5. — Alphabet Moon.

schémas des lettres ordinaires et certains d'entre eux sont même tout à fait arbitraires (fig. 5).

Braille, avec un maximum de 6 points, a réalisé 63 signes parfaitement tangibles. La machine à lire idéale serait celle qui traduirait en Braille les lettres vulgaires. Si les types de caractères n'étaient si divers, l'emploi d'un sélecteur permettrait peut-être de réaliser ce miracle. Nous livrons le problème aux spécialistes de la télévision et peut-être du téléphone automatique.

L'important n'étant pas d'obtenir une reproduction exacte du texte, mais plutôt d'offrir au doigt des signes qui lui conviennent, on pourrait se contenter de caractères schématiques. Il faudrait alors rechercher en quoi telle lettre diffère des autres et tenter de reproduire cette différence en relief ponctué. Gros problème, à la vérité, si l'on songe à la diversité des types (romain, gothique, italique, etc.) pour une même lettre.

Quant au modèle II du photoélectrographe Thomas, qui donne du Braille en relief, non pas à partir des lettres ordinaires, ce qui serait merveilleux, mais à partir de signes conventionnels imprimés noir sur blanc, il ne présente qu'un seul intérêt, la réduction du volume des livres. L'appareil est plus simple que celui que nous avons décrit plus haut et, sous sa forme dernière ne ferait appel qu'à une seule cellule photoélectrique. Mais cette conception ressemble fort à celle qui, dans le but de diminuer l'encombrement des bibliothèques, consisterait à réimprimer tous les livres en caractères microscopiques, quitte à doter le lecteur d'un instrument d'optique qui lui permettrait le déchiffrement lettre à lettre.

Je m'en voudrais qu'on vît dans ces réflexions matière à décourager le chercheur. J'ai simplement voulu donner au public cultivé une idée de la complexité du problème et attirer son attention sur le côté psychologique, savoir les conditions de la lecture par le toucher. J'ai foi dans le progrès et crois fermement à des perfectionnements possibles. Sous une de ses formes au moins, la machine à lire actuelle permet la reproduction des diagrammes et même le déchiffrement d'un texte. Mais, exception faite peut-être pour quelques sujets très entraînés, quelques unités, je ne crois pas à une lecture courante de l'ordre de celle réalisée par le lecteur normal du Braille, 100 à 120 mots à la minute.

NOTES ET ACTUALITÉS

Le Mois Mathématique à l'Académie des Sciences (Janvier 1932). — *Théorie des ensembles.* Après avoir établi les théorèmes de Meusnier et d'Euler sur des bases géométriques procédant de la théorie des ensembles, M. *Georges Bouligand* démontre la proposition suivante : si chaque triangle ayant ses sommets sur un continu borné K possède un angle dépassant $90° + \alpha$ (α angle aigu arbitrairement petit fixé d'avance) K est un arc simple rectifiable, dont on peut préciser la représentation.

Théorie des fonctions. 1 et 3. Soit A un système d'intervalles ouverts δ situés sur la circonférence C, $|z| = 1$, et sans point commun deux à deux ; soit $w = f(z)$ une fonction

Bro-Dart
INDUSTRIES
NEWARK 5, N. J.
LOS ANGELES 25, CALIF.
TORONTO 6, CANADA
Made in U.S.A.